7К

УДК 519.71

Е.И. Кучеренко, Д.Е. Краснокутский
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина

Применение методов на основе сетевых моделей в задачах анализа состояния сложных технологических объектов

Сформулирована и решена задача выбора альтернатив в системах, характеризующихся иерархичностью процессов. Задача рассматривается как оптимизация на множестве критериев и ограничений в нечетком пространстве состояний сетевой модели. Предложены методы и алгоритмы решения прикладных задач.

Введение

Проблемы повышения эффективности использования энергоресурсов являются стратегическими как для отдельных государств, так и мирового сообщества в целом. Значительная часть газотранспортных и газораспределительных магистралей функционируют в условиях запредельного эксплуатационного ресурса, они подвержены влиянию агрессивной окружающей среды. Нельзя также отбрасывать и субъективный фактор, связанный с тенденцией снижения требований к уровню обслуживающего персонала. В связи с этим задача повышения достоверности оценки состояния таких сложных распределенных объектов, а также оперативной локализации и ликвидации предаварийных и аварийных ситуаций на множестве возможных альтернатив приобретает исключительно важное значение. В таких системах обычно рассматривается по крайней мере две составляющие: организационно-техническое управление и составляющая непосредственного контроля состояния объекта обслуживающим персоналом. Широкое применение технических средств, например, ультразвуковых, рентгеновских дефектоскопов, средств на основе прогноза и анализа состояния объекта с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС) и других перспективных подходов обычно ограничено, а часто и не используются в промышленных масштабах вообще. Сложные объекты функционируют обычно в условиях неопределенности. Снизить ее уровень средствами на основе хорошо исследованных вероятностных подходов не всегда удается, так как ввиду уникальности таких объектов часто нет возможности получения достоверных статистических характеристик.

Целью статьи является разработка формальных подходов к решению такого класса задач на основе нечеткой логики, моделей и методов на основе нейро-фаззи сетевых подходов, положений геоинформационных технологий. Такие подходы обычно позволяют получить удовлетворительные результаты в практических приложениях. Но они мало исследованы, известные результаты являются часто постановочными, не доведены до практических приложений, что и определяет важность и актуальность предлагаемых исследований.

Постановка задачи

При анализе процессов принятия решений

$$\{PR_i(Le)^{(s)}\},\ i \in I$$

в системах, которые характеризуются сложным, в частности иерархическим, взаимо-

действием динамических процессов, важной задачей является выбор решений на множестве альтернатив

$$\{Alt_w\},\ w \in W$$

за критериями, которые обычно определяются предметной областью. К ним для случая технических систем целесообразно в первую очередь отнести качество управления [1], [2], показатели надежности T_0 и некоторые другие. В качестве ограничений можно рассмотреть стоимостные показатели $\{St_w\}$, $w \in W$, временные показатели τ_w, $w \in W$, что особенно важно в системах реального времени.

Тогда решение поставленной задачи по критерию надежности может быть определено, как нахождение

$$\mathrm{To}_{\mathrm{Altw}} \to \max \tag{1}$$
$$St_w \le St^*_w,$$
$$\tau_w \le \tau_w^*,$$
$$\mu(x) \ge \mu(x)^*,$$

где T_0 – наработка на отказ объекта анализа;

St^*_w – max допустимое значение стоимостных показателей при решении некоторой альтернативы из $w \in W$;

τ_w^* - max допустимое значение времени решения $w \in W$ альтернативы;

$\mu(x)^*$ – min допустимое значение функции принадлежности для процессов некоторой альтернативы $w \in W$.

Решение задачи (1) может быть расширено на задачу выбора некоторого подмножества альтернатив

$$\{\mathrm{Alt}_{w1}\} \subseteq \{\mathrm{Alt}_w\} \tag{2}$$

за критериями

$$\mathrm{To}_{\mathrm{Alt}_{w1}} \ge \mathrm{To}_{\mathrm{Alt}_{wi}}^*, \tag{3}$$
$$\mathrm{St}_w \le \mathrm{St}_w^*,$$
$$\tau_w \le \tau_w^*,$$
$$\mu(x) \ge \mu(x)^*,$$

где $\mathrm{T}_{0\,\mathrm{Alt}_{wi}}^*$ – min допустимое значение показателей наработки на отказ T_0.

В этом случае альтернативы

$$\mathrm{Alt}_{w1} \in \{\mathrm{Alt}_{w1}\} \tag{4}$$

могут быть упорядочены по критерию возрастания (убывания) $\mathrm{T}_{0\,\mathrm{Alt}_{w}1}$. Значения St^*_w, τ_w^*, $\mathrm{T}_{0\,\mathrm{Alt}_{wi}}^*$ определяются обычно согласно данным и (или) знаниям экспертов с учетом требований согласования мнений экспертов [3] и требований предметной области.

Задачи (1) – (4) с учетом соответствующих ограничений целесообразно решать с использованием моделей [4-6] при условии справедливости положений работы [7].

Разработка метода выбора альтернатив в сложных объектах на основе сетевых моделей

Задача выбора альтернатив в принятии решений сложных объектов на множестве альтернатив является актуальной и малоисследованной. Особенно это актуально в объектах с явно выраженной иерархией и (или) распределенностью, которые функционируют в нечетком пространстве состояний [4], [5].

В работах [5], [6] предложены и исследованы нечеткие сетевые модели на основе иерархии классов нейро-фаззи сетей Петри. В этих работах показано, что применение моделей рассматриваемых классов во многом позволит решить широкий класс прикладных задач. Важно также учитывать положения работы [3], где определены и исследованы условия достижимости и непротиворечивости, что является по сути одним из основных ограничений на выбор альтернатив.

Определение 1. Альтернатива

$$\mathrm{Alt}_{\mathrm{w1}} \in \{\mathrm{Alt}_{\mathrm{w1}}\},\ w \in W \qquad (5)$$

на сетевых моделях [1], [2], учитывая их иерархичность, определяется некоторыми подмножествами инцидентных позиций $\{p_{j_1}\} \subseteq \{p_j\}$, $j_1 \in I_1$, $J_i \subseteq J$ и разрешенных иерархических переходов $\{t_{i_1}\} \subseteq \{t_i\}$, $i_1 \in I$, $I_1 \subseteq I$, моделирующих процессы принятия некоторых решений $\mathrm{PR}_{\mathrm{i}}(Le)^{(\mathrm{s})}$ из множества $\mathrm{PR}_{\mathrm{i}}(Le)^{(\mathrm{s})} \subseteq \mathrm{PR}_{\mathrm{i}}^{(\mathrm{s})}$, $i \in I$ для достижения поставленной цели.

Введем понятие динамических иерархических объектов $(Do(Le)_\alpha)$, $\alpha \in A$, где A – множество иерархических уровней. ($Do(Le)$ введены для множеств позиций $\{p_i(Le)_\alpha\}$, *переходов* $t_i(Le)_\alpha\}$, *векторов маркирования* $\{M_{p_j}(Le)_\alpha\}$.

Тогда сформулируем следующее утверждение.

Утверждение 1. Множества инцидентных позиций $\{p_{j_1}\} \subseteq \{p_j\}$, $j_1 \in I_1$, $J_i \subseteq J$ и разрешенных переходов $\{t_{i_1}\} \subseteq \{t_i\}$, $i_1 \in I$, $I_1 \subseteq I$ при заданном векторе нечетной маркировки M_0, заданных множествами $Do(Le)_\alpha$, определяют некоторую альтернативу $\mathrm{Alt}_{\mathrm{w}} \in \{\mathrm{Alt}_{\mathrm{w}}\}$, $w \in W$, достигая целей принимаемых решений.

Справедливость утверждения 1 непосредственно следует из определения 1 и понятия динамических иерархических объектов $Do(Le)_\alpha$.

Как следует из изложенного выше, ввод $Do(Le)_\alpha$ для компонент модели позволяет расширить и модифицировать методы и алгоритмы, основанные на построении дерева достижимости [8], на случай иерархии классов нейро-фаззи сетевых моделей [5], [6].

Алгоритм анализа нечетких процессов сетевыми моделями на основе иерархии классов нейро-фаззи сетей Петри

Введем некоторые положения, которые целесообразно использовать при построении алгоритма на основе предложенного выше метода. В работе он рассматривается как расширение известного алгоритма построения дерева достижимости [8].

К этим положениям отнесем в первую очередь следующее:

1. Если существует сеть S с вектором M_0, множеством позиций P, множеством переходов T, то количество возможных маркировок $|\{M_0\}|$ равно мощности множеств разрешенных переходов $|T_r|$.

2. Каждое маркирование M позволяет разрешенным переходам создать новую маркировку $M^{|}$.

3. Процесс изменения маркировки представим в виде дерева. Причем его вершины – некоторые маркировки M из $\{M\}$, а дуги включают разрешенные переходы $t_i \in T$, в результате выполнения этих переходов и формируются маркировки $M^{|}$.

4. Условия разрешенности переходов $t_i \in T$ определяются с учетом выполнения условий маркировок входных позиций и цвета маркеров, предиката, показателей нечеткости.

5. Для обеспечения конечности дерева, при возможности бесконечного выполнения некоторых переходов $\exists \tilde{t}_i, \tilde{t} \in \tilde{T} \mid r \to \infty$ вводится [8], элемент ω, обладающий свойствами: $\omega \pm r = \omega; r < \omega; r \in N; \omega \leq \omega.$ Знак «~» над символом означает, что соответствующий элемент рассматривается как нечеткий.

Тогда искомый алгоритм можно представить в виде:

Шаг 1. Определить начальную маркировку $\tilde{M}o$ для $(Do(Le)_\alpha$ типа «позиция», как корень дерева и поместить его как «новое» маркирование.

Шаг 2. Пока существуют «новые» маркировки $\tilde{M}$ выполняются следующие действия.

Шаг 2.1. Выбрать новое маркирование $\tilde{M}$, как результат выполнения $(Do(Le)_\alpha$ типа «переход».

Шаг 2.2. Если маркировка $\tilde{M}$ совпадает с одним из маркирований на пути от корня дерева к данной маркировке $\tilde{M}$, то пометить ее как «старое» и перейти к другому «новому» маркированию $\tilde{M}$.

Шаг 2.3. Если при маркировании $\tilde{M}$ не существует разрешенных $(Do(Le)_\alpha$ типа «переход», то отметить это маркирование как «тупиковое». Это маркирование $\tilde{M}$ может быть таким же «терминальным» и определять конечную маркировку.

Шаг 2.4. $(Do(le)_\alpha$ до тех пор, пока для маркировок $\tilde{M}$ существуют разрешенные $(Do(le)_\alpha$ типа «переход» для каждого из них выполнить следующие действия.

Шаг 2.4.1. Найти маркированные $\tilde{M}^{|}$, которые заменяет маркирование $\tilde{M}$, как результат выполнения $Do_{\tilde{t}i} \in \{Do_{\tilde{t}i}\}'$.

Шаг 2.4.2. Если на пути от корня к маркированию $\tilde{M}$ существует маркирование $\tilde{M}''$ такое, что $\exists pj \in P \mid (\tilde{M}(pj) \geq \tilde{M}''Cpj)) \& (\tilde{M} \neq \tilde{M}),$ то это определяется как покрытие маркирования $\tilde{M}''$ и маркирование $M''(pj) \in \tilde{M}''$ заменяем на ω. Причем это действие осуществляется для всех Do_{p_j}, в которых $\tilde{M}''(pj) \geq \tilde{M}''(pj)$.

Шаг 2.4.3. Принять $\tilde{M}'$ за вершину, соединить маркирование M с маркированием $\tilde{M}'$ дугой, которая содержит Do_{t_i}, и пометить маркирование $\tilde{M}'$ как «новое».

Шаг 3. Шаги 2.1 – 2.4.3 выполнить для всех возможных маркировок сети.

Шаг 4. Сформировать множества $\{Do_{ti}\}$, $\{Do_{pj}\}$, которые определяют множество маркировок $\{\{M_l\}, l \in L\}$ при перемещении маркера от корня дерева к некоторому терминальному объекту Do_{p_j}.

Шаг 5. Для множеств $\{Do_{t_i}\}$ и $\{Do_{p_j}\}$ определить:

– вектор

$$(\mu'(Do_{pj} = Do_{pj}терм) = \mu'(Do_{pj} = Do_{pj}корень)) \circ (\mu'(Do_{pj}терм, Do_{pj}корень));$$

– используя алгоритмы дефаззификации, найти значение аргумента и соответственно μ терм.

Шаг 6. Для множеств $\{Do_{t_i}\}$ и $\{Do_{p_j}\}$ находим результирующие значения $\tau_\Sigma, T_{\circ\Sigma}, St_\Sigma$.

Шаг 7. При наличии альтернатив $\{\mathrm{Alt}_{w1}\} \neq \varnothing$, $w \in W$ решить задачи (1), (3) и сформировать рекомендации по путям принятия решений на множестве альтернатив.

В приложениях важно определить форматы Do. Введем минимально возможные, как показал анализ, форматы некоторых объектов Do :

– формат Do для позиции $p_j \in P$:

$$< j_\alpha;\ p_j \in \{p_j(in)^s\};\ \mu_{p_j;}\ \mu_{pi}(x_0),\ M_0;\ \{t_j(in)_\alpha\};\ \{t_j(out)_\alpha\};\ \{t_j^{(ing)}(in)_\alpha\};\ C_{p_j}^{(ing)};\ C_{p_j};\ \{t_j(in)\};\ \{t_j(out)\};\ ИНС;\ \Pr^{(xyz)};\ M_{p_{jc}} >, \quad (6)$$

где компоненты Do принимают следующие значения:

j_α – номер позиции j уровня α ;

$p_j \in \{p_j(in)^s\}$ – принимает значение согласно $\begin{cases} 1, if\ \ p_j \in \{p_j(in)^s, \\ 0, if\ \ p_j \notin \{p_j(in)^s; \end{cases}$

$p_j \in \{p_j(out)^s\}$ – принимает значение согласно $\begin{cases} 1, if\ \ p_j \in \{p_j(out)^s, \\ 0, if\ \ p_j \notin \{p_j(out)^s; \end{cases}$

μ_{p_j} – функция принадлежности данного объекта;

$\mu_{pi}(x_0)$ – значение функции принадлежности данного объекта;

M_0 – вектор начальной маркировки;

$\{t_j(in)_\alpha\}$ – множество входных переходов позиции от некоторого смежного уровня рассматриваемой иерархии;

$\{t_j(out)\}$ – множество выходных переходов от позиции к некоторому смежному уровню рассматриваемой иерархии;

$\{t_j^{(ing)}(in)_\alpha\}$ – множество входных ингибиторных дуг от переходов к позиции;

$C_{p_j}^{(ing)}$ –функция цвета ингибиторных дуг;

C_{p_j} – функция цвета дуг;

$\{t_j(in)\}$ – множество входных переходов к позиции $\tilde{p}_j$;

$t_j(out)\}$ – множество выходных переходов позиции $\tilde{p}_j$;

ИНС $= \begin{cases} 1, if\ \ ИНС = true, \\ 0, if\ \ ИНС = false; \end{cases}$ – параметр наличия ИНС в процедуре маркирования данной позиции;

$\Pr^{(xyz)}$ – параметр отображения некоторого пространства, отнесенного к данной позиции;

$M_{p_{jc}} = \begin{cases} 1, if\ \ Mp_j \geq 1, \\ 0, if\ \ Mp_j = 0; \end{cases}$ – параметр маркирования позиции;

– формат Do для перехода $t_i \in T$:

$$<i_\alpha,\ \{p_i(in)_\alpha\};\{p_i(out)_\alpha\};\{p_i\ \overset{(ing)}{(out)}_\alpha\};\{p_i(in)\};\{p_i(out)\};\ \tau_{wi};Sti;To_i;\mu_{ti};\Pr_i;Ur;\Pr^{(xyz)} > , \quad (7)$$

где компоненты Do принимают следующие значения:

i_α – номер перехода i уровня α ;

$\{p_i(in)_\alpha\}$ – множество входных позиций к переходу от некоторого смежного уровня рассматриваемой иерархии;

$\{p_i(out)_\alpha\}$ – множество выходных позиций перехода к некоторому смежному уровню рассматриваемой иерархии;

$\{p_i\overset{(ing)}{(out)}_\alpha\}$ – множество выходных ингибиторных дуг от перехода к позиции;

$\{p_i(in)\}$ – множество входных позиций рассматриваемого перехода;

$\{p_i(out)\}$ – множество выходных позиций рассматриваемого перехода;

τ_{wi} – параметр времени, отнесенного к переходу;

St_i – стоимостной показатель, отнесенный к переходу;

T_0 – показатель надежности (наработка на отказ) средств, реализующих соответствующие процессы;

μ_{ti} – функция принадлежности;

$$Ur = \begin{cases} 1, \, if \; Ur = true, \\ 0, \, if \; Ur = false; \end{cases}$$

Pr_i – предикат, отнесенный к условию разрешенности перехода;

$Pr^{(xyz)}$ – параметр отображения некоторого пространства, отнесенного к данному переходу.

Приведем пример моделирования процессов с использованием предложенного метода для фрагмента уровня сетевой модели (рис. 1)

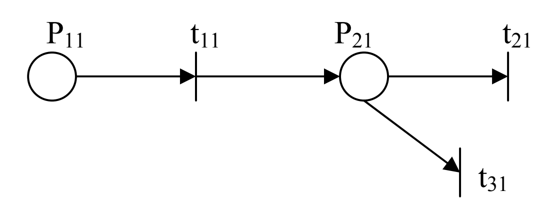


Рисунок 1 – Фрагмент модели

p_{11}	11	1	0	μ_{p_j}	$\mu_{pi}(x_0)$	1;0	∅	∅	∅	0	0	∅	$\{t_{11}\}$	0	x;y;z	1

t_{11}	11	∅	∅	$\{p_{11}\}$	$\{p_{21}\}$	τ_{wi}	St_i	T_0	μ_{ti}	1	Pr_i	x;y;z

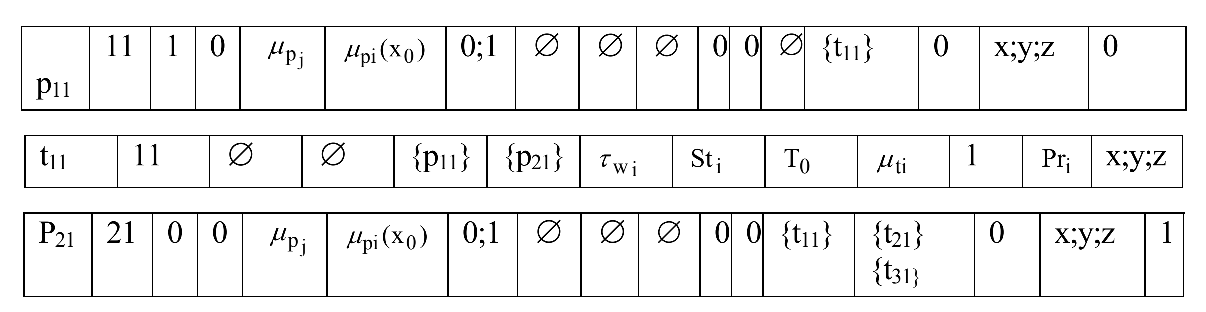
P_{21}	21	0	0	μ_{p_j}	$\mu_{pi}(x_0)$	1;0	∅	∅	∅	0	0	$\{t_{11}\}$	$\{t_{21}\}$ $\{t_{31}\}$	0	x;y;z	0

Рисунок 2 – Исходное состояние фрагмента модели

С учетом введенных Do, процесс моделирования можем представить в виде:

– исходное состояние (рис. 2);

– последующее состояние фрагмента модели (после срабатывания разрешенного перехода t_{11}) (рис. 3).



p_{11}	11	1	0	μ_{p_j}	$\mu_{pi}(x_0)$	0;1	∅	∅	∅	0	0	∅	$\{t_{11}\}$	0	x;y;z	0

t_{11}	11	∅	∅	$\{p_{11}\}$	$\{p_{21}\}$	τ_{wi}	St_i	T_0	μ_{ti}	1	Pr_i	x;y;z

P_{21}	21	0	0	μ_{p_j}	$\mu_{pi}(x_0)$	0;1	∅	∅	∅	0	0	$\{t_{11}\}$	$\{t_{21}\}$ $\{t_{31}\}$	0	x;y;z	1

Рисунок 3 – Последующее состояние фрагмента модели

В результате выполнения алгоритма формируются множество маркированных позиций – в данном случае $\{p_{11}, p_{21}\}$ и множество выполненных переходов $\{t_{11}\}$.

Определим показатели нечеткости, как решение [9] для фрагмента сети (рис. 1) в виде [4]

$$\mu'_{\tilde{p}_{21}} = \mu'_{\tilde{p}_{11}} \circ \mu(\tilde{p}_{11}, \tilde{t}_{11}, \tilde{p}_{21}) \qquad (8)$$

с последующей дефаззификацией [4] полученных решений (8) и нахождением конкретных значений аргумента и функции принадлежности.

Временные показатели реализованных процессов могут быть определены, как нахождение

$$\tau_{\Sigma} = \sum_{\substack{i \in I \\ \alpha \notin A}} \tau_{i\alpha} \ . \qquad (9)$$

Показатели подсчетов формируются как нахождение

$$(T_{0\Sigma})^{-1} = \sum_{\substack{i \in I \\ \alpha \in A}} \frac{1}{T_{01}} \,. \qquad (10)$$

Решения (8) – (10) являются составляющими решения задач (1), (3) при наличии альтернатив $Altw \neq 0$.

Замечание 1. Результат функционирования ИНС в составе нейро-фаззи сетей Петри [4] определяет дополнительные условия маркирования позиций $Pi \in P$ сети.

Предлагаемый метод в значительной степени эффективен и реализуется в предложенной модификации алгоритма построения дерева достижимости.

Инструментальные средства (HFPN) реализации разработанных методов и алгоритмов в задачах моделирования и анализа процессов принятия решений представляют собой дальнейшее расширение средств FPN [4] на случай иерархии классов нейро-фаззи сетевых моделей, они в значительной мере учитывают специфику решения поставленных в работе задач.

Верхняя оценка вычислительной сложности реализации алгоритма близка к квадратичной и может быть представлена в виде

$$C = k(max\ \{|Do_{pj}|, |Do_{ti}|\})^2, \qquad (11)$$

где – $k = k_1 \cdot k_2$,

k_1 – определяется форматом элементов динамических объектов,

k_2 – определяется быстродействием и архитектурой компьютерных средств.

В одной из версий инструментальных средств в реальных исследованиях вычислительная сложность (11) обычно не превышает (1 – 10) с.

Практическая реализация теоретических положений работы в задачах оценки состояния сложного объекта

В качестве объекта управления и автоматизации рассмотрим газотранспортную и газораспределительную сеть. Как объект управления, система газоснабжения и газораспределения [10] может быть отнесена к сложным системам. Она характеризуется: территориальной и функциональной пространственностью; многоуровневым принципом управления; производствами с непрерывным и дискретным характером процессов; значительным числом параметров и переменных; строгими требованиями к надежности компонент и системы в целом; значительным уровнем неопределенности; значительным влиянием человеческого фактора; требованием функционирования в условиях дефицита целевого продукта.

Решение проблемы повышения надежности газопроводов во многом связано со своевременной и качественной оценкой их состояния. При этом следует учитывать, по крайней мере, такие составляющие: регламентные оценки состояния трубопроводов; объемы и содержание выполненных работ по каждой компоненте регламента строго определены существующими инструкциями; существующие балльные оценки состояния объекта достаточно грубы, субъективны, зависят от квалификации обслуживающего персонала; нет возможности учета некоторых плохо формализуемых факторов типа наличие и состояние грунтовых вод, наличие электроактивных зон в труднодоступных местах, возможность промерзания грунтов при ненадлежащей теплоизоляции, множество субъективных, трудноучитываемых факторов, влияющих на состояние объекта.

Необходимо, не исключая положений действующих инструкций, определить пути повышения достоверности принимаемых решений о состоянии трубопроводов. Это может быть реализовано за счет учета нечетких данных и знаний об их состоянии, выбора альтернатив в стратегиях принятия решений при одновременном повышении оперативности за счет геоинформационных технологий, что особенно важно в задачах локализации и устранения предаварийных и аварийных ситуаций.

Сети газоснабжения и газораспределения представляют обычно иерархическую систему многосвязных трубопроводов, которые связаны регуляторами различного назначения. Иерархическая структура является характерной особенностью газовых коммуникаций, что отличает их от других (тепловых, водопроводных, канализационных и т.п.)

Обобщенная структурная схема системы газоснабжения предложена на рис. 4.

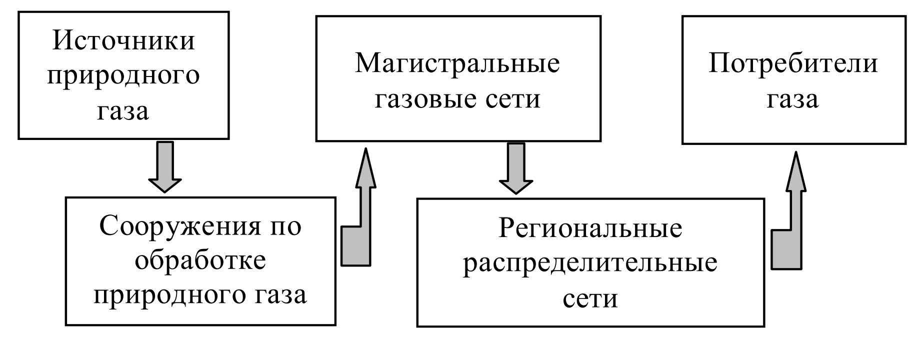


Рисунок 4 – Обобщенная структурная схема системы газоснабжения

Применение средств геоинформационных систем (ГИС) определяется тем, что такие технологии охватывают комплекс методологических, организационных, программных, технических и информационных действий по управлению реальными, достаточно

сложными объектами. Они призваны повысить эффективность управления объектом за счет интеграции пространственных и непространственных данных в единое информационное пространство, возможности анализа и моделирования процессов, как компонент принятия ответственных решений.

Структура программных средств анализа состояния объекта и принятия решений о его состоянии включает программные продукты: HFPN; ArcGis; Adobe Photoshop; Scan Edit. Для высокоточного сканирования пространственной информации использован сканер фирмы «Hewlett-Packard» с последующим использованием программного модуля Scan Edit. Коррекция изображений и обработка результатов сканирования выполнена в программной среде Adobe Photoshop.

Для привязки и интеграции пространственной информации применена одна из версий программного продукта ArcGis. Планшеты интегрированы в программной среде ArcGis [11], как растровые информационные слои в условной системе координат с последующей векторизацией. Приложение ArcMap [12] позволяет осуществлять решение типичных задач сетевого анализа. К ним, в первую очередь, отнесем: анализ сообщений на неисправности; трассирование и анализ изоляции; трассирование и анализ загрязнений.

Программный продукт HFPN представляет собой расширение известной программы FPN [4] на случай моделирования и анализа иерархических объектов, функционирующих в нечетком пространстве состояний. Он реализует следующие функции: обучение построения моделей; автоматизированная генерация моделей; автоматизированная генерация отношений иерархических уровней модели; автоматизированное построение и редактирование моделей; настройка параметров модели; моделирование динамики взаимодействия процессов по заданным формальным критериям; выбор альтернативных путей взаимодействия процессов; анализ результатов моделирования; построение модифицированных моделей по результатам моделирования и анализа; формирование рекомендаций по модификации процессов предметной области; формирование отчетных данных.

Предложенная и реализованная структура инструментальных средств позволила существенно повысить достоверность и оперативность принимаемых решений по оценке состояния газораспределительных объектов за счет более полного учета плохо формализованных факторов и наличия пространственной компоненты системы.

Выводы

1. Сформулирована и решена задача выбора альтернатив в системах, характеризующихся иерархичностью процессов. Эта задача рассматривается как задача оптимизации на множестве критериев и ограничений в нечетком пространстве состояний сетевой модели. Определено, что критериями оптимизации могут быть показатели надежности и (или) качества, а в качестве ограничения целесообразно выбрать показатели нечеткости, стоимости и времени.

2. Получил дальнейшее развитие метод анализа взаимодействующих процессов в задачах выбора альтернатив сложных объектов, в котором, в отличие от существующих, в динамические объекты дополнительно введены элементы, отображающие в явном виде иерархичность и синхронизацию классов нейро-фаззи сетевых моделей, что позволяет расширить классы исследуемых систем.

3. Предложен и исследован алгоритм анализа нечетких иерархических процессов, который является модификацией и расширением алгоритмов построения дерева достижимости на иерархию классов нейро-фаззи моделей. Определено, что верхняя оценка вычислительной сложности алгоритма близка к квадратичной, конкретное значение сложности зависит от формата динамических объектов и параметров вычислительных ресурсов.

4. Определено, что эффективным и перспективным направлением исследований является дальнейшая адаптация моделей, методов и инструментальных средств к особенностям широкого класса объектов на основе интеллектуализации информационных технологий, включая геоинформационные, в задачах анализа состояния таких сложных объектов, как газотранспортные магистрали, другие инженерные сети и объекты.

Литература

1. Моисеев Н.Н., Иванилов Ю.П., Столярова Е.М. Методы оптимизации. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
2. Шаталов А.С. Отображение процессов управления в пространствах состояний. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.
3. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – М.: Наука, 1974. – 256 с.
4. Бодянский Е.В., Кучеренко Е.И., Михалев А.И. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2005. – 311 с.
5. Кучеренко Е.И., Краснокутский Д.Е. Об одном подходе к построению нечетких гибридных моделей сложных систем // Системи обробки інформаії. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2007. – № 9 (67). – С. 58-62.
6. Кучеренко Е.И., Краснокутский Д.Е. Гибридные математические модели на основе расширений нечетких сетей Петри // Бионика интеллекта. – Харьков: ХНУРЭ, 2007. – № 1 (66). – С. 64-67.
7. Кучеренко Е.И., Краснокутский Д.Е. Методы анализа процессов принятия решений в нечетком пространстве состояний объектов на основе иерархии сетевых моделей // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2008. – Вип. 1(16). – С. 75-80.
8. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
9. Tsoukalas L.H., Uhrig R.E. Fuzzy and Neural Approaches in Engineering. – New York: John Wiley&Sons.Inc, 1997. – 587 p.
10. Седак В.С. Компьютерные технологии в разработке и эксплуатации региональных систем газоснабжения на примере ОАО ГГО «ХАРЬКОВГАЗ». – Харьков, 1999. – 183 с.
11. ArcGIS – семейство программных подуктов американской компании ESRI. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/ArcGIS
12. Руководство пользователя по ГИС «MapInfo». – New York: MapInfo Corporation, Troy, 1993. – 121 с.

Є.І. Кучеренко, Д.Є. Краснокутський

Застосування методів на основі мережних моделей в задачах аналізу станів складних технологічних об’єктів

Сформульована та вирішена задача вибору альтернатив у нечітких ієрархічних системах, які характеризуються ієрархічністю процесів. Задача розглядається як оптимізація на множині критеріїв та обмежень у нечіткому просторі станів мережної моделі. Запропоновані методи та алгоритми вирішення прикладних задач.

Ye.I.Kucherenko, D.Ye. Krasnokutskiy

Application of Methods on the Basis of Network Models in Problems of the Analysis of a Difficult Technological Objects Condition

The problem of a choice of alternatives in fuzzy hierarchical systems is formulated and solved. The problem is considered as optimization on set of criteria and restrictions in fuzzy space of conditions. Methods and algorithms of the decision of applied problems are offered.

Статья поступила в редакцию 10.07.2008.